

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2002-41052
(P2002-41052A)

(43) 公開日 平成14年2月8日 (2002.2.8)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テーマコード(参考)

G 1 0 K 11/20

G 1 0 K 11/20

H 0 4 R 15/02

H 0 4 R 15/02

審査請求 未請求 請求項の数28 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2001-154665(P2001-154665)

(22) 出願日 平成13年5月23日(2001.5.23)

(31) 優先権主張番号 09/576807

(32) 優先日 平成12年5月23日(2000.5.23)

(33) 優先権主張国 米国 (U S)

(71) 出願人 501205670

エイゲア システムズ ガーディアン コ
ーポレーション

Agere Systems Guard
ian Corporation

アメリカ合衆国、33014 フロリダ州、マ
イアミ レイクス、ノース ウェスト 77
ース アヴェニュー 14645、スイート
105

(74) 代理人 100083116

弁理士 松浦 憲三

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 音響素子の音響反射材

(57) 【要約】

【課題】 積層の反射層間の可能な最も高いインピーダンス不整合を達成して帯域幅を最大化するとともに、従来の音響反射板と比較して素子に必要なとされる層の数をより少なくすることによって製造費用を低減する音響素子用の反射積層を提供する。

【解決手段】 音響素子用の反射積層板又は音響反射鏡の配置が示される。該音響素子は従来技術と比較すると、帯域幅を最大化するための積層板の反射層間における最大の可能性のあるインピーダンス不整合を作りだし、また素子に更に少ない層を必要とするので製造コストを削減する。より薄い反射積層板は現在作られているよりも大きい音響インピーダンス不整合をもたらす物質を組み合わせることで、低コスト及び短い時間で製造することができる。最終的な共振器の帯域幅は、特にエロゲルやスパッタ法及び／又はCVD堆積された二酸化ケイ素などの低密度物質が素子の音響反射鏡の最上層となっている場合には、大きくなる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 音響素子の反射積層板において、
基板と、
前記基板上に交互に設けられた高インピーダンス材と低
インピーダンス材との層と、
を備え、
前記高インピーダンス材は弾性定数に応じて選択される
ことを特徴とする音響素子の反射積層板。

【請求項 2】 前記音響素子は薄膜共振器であることを
特徴とする請求項 1 に記載の反射積層板。

【請求項 3】 前記音響素子はエネルギーが電気エネル
ギーと機械エネルギーとの間でピエゾ電気、磁気歪み、
又は電気歪み手段によって変換される薄膜共振器（TFR）
であることを特徴とする請求項 1 に記載の反射積層
板。

【請求項 4】 前記音響素子は TFR 帯域フィルタ、TFR
帯域阻止フィルタ又は共振器に基づく周波数制御回
路であることを特徴とする請求項 1 に記載の反射積層
板。

【請求項 5】 前記高インピーダンス層は少なくとも酸
化アルミニウム、一ケイ化三クロム、炭化ニオブ、酸化
レニウム、炭化タンタル、窒化タンタル、炭化チタン、
酸化チタン、炭化バナジウム、窒化タンゲステン、酸化
タンゲステン、炭化ジルコニウムを含むグループから選
択されることを特徴とする請求項 1 に記載の反射積層
板。

【請求項 6】 前記低インピーダンス層は約 1.0 g/cm^3
の密度を有する二酸化ケイ素であることを特徴と
する請求項 1 に記載の反射積層板。

【請求項 7】 前記低インピーダンス層は化学蒸着法又
はスパッタ法により堆積された二酸化ケイ素であること
を特徴とする請求項 1 に記載の反射積層板。

【請求項 8】 前記低インピーダンス層は少なくとも約
 0.5 g/cm^3 の密度を有するエーロゲル又はキセロ
ゲル層であることを特徴とする請求項 1 に記載の反射積
層板。

【請求項 9】 前記高インピーダンス層は、選択された
材料の弾性定数（ c_{11} ）と密度（ ρ ）とから計算された
高インピーダンス層内での音速を c とし、弾性定数（ c_{11} ）
の関数として計算される音速に基づく選択された材
料の音響インピーダンスを Z としたとき、

【数 1】

$$c(m/s) = \sqrt{\frac{C_{11}(N/m^2)}{\rho(kg/m^3)}}$$

及び

【数 2】

$$Z(kg/m^2s) = \rho c$$

に基づいて定められることを特徴とする請求項 1 に記載

の反射積層板。

【請求項 10】 前記基板は少なくともケイ素、サファ
イア、ガラス、石英を含むグループから選択されること
を特徴とする請求項 1 に記載の反射積層板。

【請求項 11】 前記高インピーダンス層は少なくとも
 400 kg/m^2s の音響インピーダンス Z を有すること
を特徴とする請求項 1 に記載の反射積層板。

【請求項 12】 音響素子の反射積層板を製造する方法
において、

10 基板を設け、

前記基板上に低インピーダンス材層を化学蒸着法又はス
パッタ法により堆積し、

前記低インピーダンス材層上に高インピーダンス材層を
堆積することを特徴とする音響素子の反射積層板を製造
する方法。

【請求項 13】 前記音響素子は薄膜共振器であることを
特徴とする請求項 12 に記載の方法。

【請求項 14】 前記音響素子は少なくとも TFR 共振
器、周波数制御回路、帯域透過フィルタ回路、帯域阻止
フィルタ回路を含むグループから選択されることを特徴
とする請求項 12 に記載の反射積層板。

20

【請求項 15】 前記低インピーダンス層は約 1.0 g/cm^3
の密度を有する二酸化ケイ素であることを特徴
とする請求項 12 に記載の方法。

【請求項 16】 前記高インピーダンスの材層は弾性定
数に応じて選択されることを特徴とする請求項 12 に記
載の方法。

【請求項 17】 前記堆積された高インピーダンス材層
は、選択された材料の弾性定数（ c_{11} ）と密度（ ρ ）と
から計算された高インピーダンス層内での音速を c と
し、弾性定数（ c_{11} ）の関数として計算される音速に基
づく選択された材料の音響インピーダンスを Z としたと
き、

【数 3】

$$c(m/s) = \sqrt{\frac{C_{11}(N/m^2)}{\rho(kg/m^3)}}$$

及び

【数 4】

$$Z(kg/m^2s) = \rho c$$

に基づいて定められることを特徴とする請求項 12 に記
載の方法。

【請求項 18】 前記堆積された高インピーダンス材層
は少なくとも 400 kg/m^2s の音響インピーダンス Z
を有することを特徴とする請求項 12 に記載の方法。

【請求項 19】 音響素子の反射積層板において、
基板と、
前記基板上に交互に設けられた高インピーダンス材と低
インピーダンス材との層と、

50

を備え、
前記高インピーダンスの材料は弾性定数に応じて選択され、

前記低インピーダンスの材料はエーロゲル又は化学蒸着法又はスパッタ法により堆積された二酸化ケイ素であることを特徴とする音響素子の反射積層板。

【請求項 20】 前記化学蒸着法又はスパッタ法により堆積された二酸化ケイ素の層は約 1.0 g/cm^3 の密度を有することを特徴とする請求項 19 に記載の反射積層板。

【請求項 21】 前記エーロゲルの層は少なくとも約 0.3 g/cm^3 の密度を有することを特徴とする請求項 19 に記載の反射積層板。

【請求項 22】 前記高インピーダンス材は少なくとも $400 \text{ kg/m}^2\text{s}$ の音響インピーダンス Z を有することを特徴とする請求項 19 に記載の反射積層板。

【請求項 23】 音響素子の反射積層板において、
基板と、
前記基板上に交互に設けられた高インピーダンス材と低インピーダンス材との層と、

を備え、
前記高インピーダンス材は少なくとも $400 \text{ kg/m}^2\text{s}$ の音響インピーダンス Z を有することを特徴とする音響素子の反射積層板。

【請求項 24】 前記音響素子はエネルギーが電気エネルギーと機械エネルギーとの間で piezo 電気、磁気歪み、又は電気歪み手段によって変換される薄膜共振器 (TFR) であることを特徴とする請求項 23 に記載の反射積層板。

【請求項 25】 前記音響素子は TFR 帯域透過フィルタ、TFR 帯域阻止フィルタ又は共振器に基づく周波数制御回路であることを特徴とする請求項 23 に記載の反射積層板。

【請求項 26】 前記高インピーダンス層は少なくとも酸化アルミニウム、一ケイ化三クロム、炭化ニオブ、酸化レニウム、炭化タンタル、窒化タンタル、炭化チタン、酸化チタン、炭化バナジウム、窒化タングステン、酸化タングステン、炭化ジルコニウムを含むグループから選択されることを特徴とする請求項 23 に記載の反射積層板。

【請求項 27】 前記低インピーダンス層は少なくとも約 0.3 g/cm^3 の密度を有するエーロゲル層であることを特徴とする請求項 23 に記載の反射積層板。

【請求項 28】 前記低インピーダンス層は約 1.0 g/cm^3 の密度を有する化学蒸着法又はスパッタ法により堆積された二酸化ケイ素であることを特徴とする請求項 23 に記載の反射積層板。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は音響共振器等のバル

ク音響デバイス、特にそれらデバイスに使用される音響反射材に関する。

【0002】

【従来の技術】 近年、セルラー式、無線式、及び光ファイバー通信ならびにコンピュータ又はコンピュータ関連情報交換システム及び情報共有システムにおいて基本的に用いられるバルク音響素子の開発において多くの研究がなされている。そのようなシステムにおいては、より高い伝播周波数の操作が増加する傾向があり、その理由としては、低周波におけるスペクトルが比較的集積されてしまうこと、また高周波においては許容可能な帯域幅がより広くなるからである。これまでに非常に高い無線周波数 (約数ギガヘルツ) で操作する発振器、音響共振器等のフィルタリング又は周波数制御用のバルク音響波素子の基礎としては piezo 電気結晶が設けられていた。

【0003】 多くの高周波用素子において、帯域透過フィルタ及び/又は帯域阻止フィルタ等のフィルタは物理的にサイズの大きい誘電充填電磁空洞共振器に基づいているが、これはそれらフィルタが共振電磁波の波長によって規定されるためである。共振圧電材の電荷、歪み、及び張力が干渉し合うことにより、piezo 電気材料は電磁エネルギーを音響エネルギー (機械エネルギー) に相互変換する変換器として作用する。このため、強度の機械共振を有するように設計された構造に組み込まれた圧電材は電磁共振素子をもたらすことになる。

【0004】 しかし、音響波の速度は電磁波の速度の約一万分の一である。この波速度と素子形状の関係は従って本材を使用した音響共振器を含む一部の素子のサイズにおいてこの要素を低減することが可能である。言い換えれば、音響波に基づく電気フィルタのサイズは電磁波に基づくそれよりもずっと小さいものになる。このサイズ縮小を達成するには電磁エネルギーと機械エネルギーを相互変換可能な機械材料を用いることが肝要である。そのような材料としては、piezo 電気、磁気歪み、又は電気歪み材料等が例として挙げられる。以下に述べる検討は変換を行うための piezo 電気材料について述べているが、変換器の材料は piezo 電気材料に限られず、上記の他の材料のうち一つ及び/又はそれらの組合せを用いて成すことができる。

【0005】 薄膜共振器 (Thin Film Resonator = 以降 TFR) 等の piezo 電気材料を含有する音響共振器は、数百メガヘルツ (MHz) から数ギガヘルツ (GHz) にわたる高周波環境で通常使用される。図 1 は従来の TFR 部品 100 の側面図である。図 1 において、TFR 部品 100 は 2 つの導電電極層 105 と 115 間に置かれた圧電材 110 を含み、圧電材 110 は支持構造 120 上に形成された電極層 115 を有している。

【0006】 支持構造 120 は固体半導体基板上に互い

体半導体基板は例えばケイ素、サファイア、ガラス、又は石英であってよい。支持構造120は自由直立式膜状素子を成す素子組み立ての後相互に取り外すことができる。圧電材は一般的に少なくともZnO、CdS、及びAlNから成るグループから選択される。電極層105と115はAl等の導電材から通常形成されるが、他の導電材から形成してもよい。

【0007】これらの音響共振器はフィルター、特に幾多の通信技術に適用可能なTFR帯域透過フィルター及び／又は帯域阻止フィルター回路で大抵使用される。例えば、TFRフィルター回路はセルラー式、無線式、及び光ファイバー通信ならびにコンピュータ、又はコンピュータ関連情報交換又は情報共有システムにおいて使用可能である。

【0008】これらの音響素子において、いかなる共振動又は共振モードも応答曲線を有しており、該応答曲線はある周波数で機械応答の振幅が固定励起長に向かう頂部最大値をどのように通過するかを示している。圧電フィルム内の機械エネルギーと電気エネルギーの結合に起因して電流応答頂部が存在し、ここでは機械運動が圧電面で放電を発生させるためフィルムが固定電圧に向かう最大電流を生じる。この頂部は音響共振器の「ゼロ」共振周波数を定めるものである（即ち、ゼロ共振周波数とは電流のゼロ状態又は低インピーダンス状態をいう）。

【0009】圧電フィルムは誘電性があるため蓄電器のように分極電流も発生する。この電流は固定電圧に向かう周波に伴って直線的に増加し、また機械共振が狭幅（周波幅の約100分の1の変化幅）なので分極電流は圧電流が頂部を通過する間一定であると見なされる。

【0010】上記を考慮すると、第2の電気的な特徴、即ち「ポール」周波数又は最高インピーダンスの周波数をここで理解することができる。ポール周波数とは、圧電流と分極電流が互いをほぼ相殺する周波数のことである。該圧電流は頂部を有しかつ共振点を通過した電極を逆転させるので、圧電流の値は本質的に、一つの周波数即ちポール周波数でほぼ一定の分極電流の値と相殺する。従って、ポール共振周波数とゼロ共振周波数の分離は圧電材の特性と次に詳細に説明する機械共振に依る。

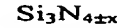
【0011】これまで述べたように、TFR等の音響素子におけるポール共振周波数とゼロ周波数との間の周波数分離は圧電フィルムの特性によって、更に具体的には機械特質と電気特性及び／又は圧電の性質によって決定される。AlNからなる圧電フィルムの分離割合は、例えば膜型TFR内において、空気中に捉えられている板状の共振周波数の約3%である（側部形状はフィルムの厚みと比較すると大きい）。

【0012】図2はTFR等の共振素子の音響反射層から構成される従来のブラッグ反射積層を表示している。図2の反射積層125はほぼ図1の基板120にあたり、図2は音響反射板の作成を更に詳細に表示してい

る。図2を参照すると、従来の音響反射板組成又はブラッグ反射積層125は、AlN層130a～dのような高音響インピーダンス材、及びSiO₂層135a～dのような低音響インピーダンス材等の複数の相互反射積層からなり、該AlN層130a～dとSiO₂層135a～dは例えばケイ素等の基板140上に設けられている。TFR等の音響素子に用いられる従来の反射積層は通常

【0013】

【数5】



／SiO₂の音響反射層の組合せも含んでいる。

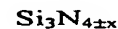
【0014】音響インピーダンスは材料の密度と音速との積であるが、この密度と音速との関連性は重要である。なぜなら音波が2つの相違した材質間を通過する際に、異質材間においてインピーダンスの大きいほど、それら材質間の界面で反射される波の部分がより大きいものとなる。従って、発明者らの共通主題は、良質な音響反射板即ち音響共振素子を製造するために、可能な限り異なったインピーダンスを有する材料を置いて最大反射をもたらすことである。

【0015】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、図2に表示した反射積層125を備えたTFRのような音響共振素子の製造において少なくとも1つ不具合がある。共振器の機械共振つまり圧電流応答頂部は、同素子が音響反射板として製造されると膜状に製造された場合と比較して変化してしまう。不利なことに、音響反射板上に固定装着された共振器では、ポール周波数は共振器のゼロ周波数に近い値にまで減少してしまう。また、前述のAlN／SiO₂層（及び

【0016】

【数6】



／SiO₂層の組合せ）からなる従来の音響反射板を使用すると、AlN圧電層が膜状の場合達成可能な3%から2%超にまで分離率が減少してしまう。

【0017】これは不都合な性質である、なぜならフィルター設計において達成可能な帯域透過フィルターの帯域幅はポール－ゼロ分離に比例するからである。更に、GSM (Global System for Mobile Communications: 米国外で広く使用されている携帯電話規格の基本システム)などの重要なフィルター応用は、AlN膜製のTFRフィルターが提供可能な帯域幅のほぼ全て又は大部分を必要とする。よって不適切な音響反射板の使用は、より大きなフィルター応用市場の一部において前述GSMのような圧電材としてのAlNの使用を抑制する可能性がある。

【0018】更に、現在の音響反射板の組み立てには代替反射層が多数必要で、これは結果としてより長い製造工程時間と費用を要するより体積の大きい共振器になる。これは必要とする層の数が層間の音響不整合の度合

いに依るため、また現在使用されているAIN / SiO₂層及び

【0019】

【数7】



／SiO₂層の組合せは可能な最も高いインピーダンス不整合を呈さないためである。これは、各界面でエネルギー反射があるということで、不良のインピーダンス不整合によって各反射が弱い場合は、総合的に所望の反射を達成するために更なる層が必要とされるということである。

【0020】このため、圧電層と最上又は第1反射層との間の音響インピーダンス不整合が大きい程、音響素子は例えば空気から作られた層である場合と比較すると達成可能な最大帯域幅又は達成限界帯域幅により近づく。空気はいかなる固体材に対しても非常に大きなインピーダンス不整合を呈するが、それは一般的に空気の密度が隣接した固体材の密度よりも少なくとも1000低い因数を持つためである。最大インピーダンス不整合は次に続く一対の反射層間の界面にとっても重要である、なぜなら最大帯域幅と同時により少ない層が所望される時、大きな音響インピーダンス不整合を有することは常に有利だからである。従って、積層の反射層間の可能な最も高いインピーダンス不整合を達成して帯域幅を最大化するとともに、従来の音響反射板と比較して素子に必要とされる層の数をより少なくすることによって製造費用を低減する音響素子用の反射積層が必要とされる。

【0021】

【課題を解決するための手段】本発明は音響インピーダンスの実質的な違いがある材質の交互の層を有する音響素子の反射積層板を提供する。一つの側面では、反射積層板は公知の低インピーダンス材層と共に弾性定数と材質の密度とを基に決められる材質の高インピーダンス層を有し、望ましい大きなインピーダンスの不整合を実現する。

【0022】別の側面では、反射積層板は基板上に化学蒸着法及び／又はスパッタ法で堆積された低インピーダンス材から形成される。弾性定数の関数として計算される前記高インピーダンス材は化学蒸着法及び／又はスパッタ法で形成される低密度材と組み合わせられ、必要な反射層の数を減らすと共に更にインピーダンスの不整合を広げる。

【0023】

【発明の実施の形態】本発明は音響素子用の反射積層板又は音響反射鏡の配置を提供する。該音響素子は従来技術と比較すると、帯域幅を最大化するための積層板の反射層間における最大の可能性のあるインピーダンス不整合を作りだし、また素子に更に少ない層を必要とするので製造コストを削減する。反射積層板は現在作られているよりも大きい音響インピーダンス不整合をもたらす物

質を組み合わせることで、低コスト及び短い時間で製造することができる。また、特にスパッタ法及び／又はCVD堆積された低密度物質が素子の音響反射鏡の最上層となっている場合には、最終的な共振器の帯域幅は大きくなる。

【0024】低密度物質（少なくとも約1.0g/cm³またはそれ以下）の使用に関する考えは低密度誘導率物質の使用に関する応用から決定される。しかし、これらの物質が低誘導率を有するという事実は重要ではなく、これらの物質の所望の低密度の特徴が上記の音響素子における応用として重要である。また、更に重要なことは、低密度物質の誘導率を低くする方法はその密度を低くするために使用され、従ってそのインピーダンスにも使用される。また、得られる積層間での更に高いインピーダンス不整合を可能とし、特に最上層または反射鏡配置の最初の低密度物質層と圧電物質層との間での積層板での更に高いインピーダンス不整合は重要である。

【0025】上記のように、TFRのような音響素子においてポール共振周波数及びゼロ共振周波数の間の周波数の分離は機械的及び電気的分布及び／または圧電の特徴によって決定される。幾何板をエア中につり下げるための、AINを備えている圧電膜の分数分離は共振周波数の約3%である。

【0026】4分の1波長の厚さの高低の音響インピーダンス物質を交互に重ねることは、基板のインピーダンスを多層間の境界線からの反射の強めあう干渉によって大幅な減少値へと変化させる。これは音響エネルギーを好ましくはトラップし、共振を圧電層へ近接させる。しかし、圧電と反射鏡との間及び／又は反射鏡相補物質間での更に大きい不整合は効果的な低減音響インピーダンスの周波数範囲を広げることとなる。つまり、エネルギーを最上層に近接した層で好ましくは更にトラップさせ続ける。非常に低いインピーダンスを有するエアが反射鏡の第1層として低インピーダンス物質の代りに使用されている時、低インピーダンスの所望の広範囲は限定される。

【0027】従って、この理想的なエア「反射鏡」の効果は周波数からは独立している。低減されたインピーダンスの更に広い範囲は、反射鏡によりほぼ共振に近い共振器の機械的応答の変化の減少となり、インピーダンスのゼロ及びポール間の理想的な（バルク値または最高値）分離に近くなる。上記のように、この分離は帯域幅に直接関連している。つまり、ポールゼロ分離が大きいほど、本発明の反射積層板を有する共振成分を形成する帯域透過フィルタのような音響素子用の得られる帯域幅が広くなる。

【0028】しかし、強固に取付られたTFR素子を製造する利点として、例えば安全性や温度効果、簡素な製造方法などをあげられる。この点において、素子はエア干渉を備えている音響素子の利点を損なっている。最も

重要な音響インピーダンスの不整合はもちろん圧電層と第1または最上反射鏡層との間であるので、音響素子の基板に取付けられる第1反射鏡層には低密度のSiO₂を使用することが望ましい。

【0029】本発明の特徴は、反射積層板は物質の弾性定数に応じて決定される圧電物質の更に高いインピーダンス層と組み合わせることである。反射積層板として使用可能な更に高いインピーダンス物質の可能性を決定するには、以下の等式を利用する。

【0030】

【数8】

$$c(m/s) = \sqrt{\frac{C_{11}(N/m^2)}{\rho(kg/m^3)}}$$

及び

*

材料	密度 (g/cm ³)	C ₁₁ (x10 ¹⁰ N/m ²)	音速 (A/ps)	Z (kg/m ² s)
WC	15.7	115	66.3	1041
TaC	14.5	84	59.0	856
ReO ₃	11.4	112	70.8	808
Cr ₃ Si	6.52	85	88.4	577
NbC	7.80	69	72.8	568
ZrC	6.56	74	82.0	538
TiC	4.93	86	102.0	503
LaB ₆	4.68	76	98.4	460
VC	5.71	61	80.1	457
AlN	3.25	45	119.0	387
SiC	3.21	59	104.7	336
Y ₂ O ₃	4.84	38	68.5	331
MgO	3.58	49	90.6	324
Si ₃ N _{4±x}	2.70	45	105.0	284
B ₄ C	2.51	48	107.5	270
SrF ₂	4.20	21	54.3	228
BaF ₂	4.90	15	43.0	211

表1には特定の物質、密度、弾性定数C₁₁、音の速度または速さ、音響インピーダンスZが示されている。表1に見られるように、現在使用されている物質AlN及び

【0034】

【数10】



はそれぞれ387Kg/m²と284Kg/m²の音響インピーダンスZを有している。これらの物質は音響素子に望まれるインピーダンス不整合の種類を有していない。上記の計算によれば、更に高いインピーダンス物質として使用される更に理想的な物質は、少なくともAlNと同じくらい高いZを有するべきであり、Z=400Kg/

*【0031】

【数9】

$$Z(kg/m^2s) = \rho c$$

ここでcは物質を通過する音の速度であり、選択物質の弾性定数(C₁₁)と密度(ρ)とによって計算される。Zは選択物質の音響インピーダンスであり、音響インピーダンスは弾性定数Cの関数として計算された速度に基づいている。

10 【0032】表1はこれらの計算結果を示すものであり、計算結果Zに基づいて選択された物質のリストである。

【0033】

【表1】

m²s以上が更に望ましい。そのような物質は、酸化アルミニウム(Al₂O₃)、一ケイ化三クロム(Cr₃Si)、炭化ニオブ(NbC)、酸化レニウム(ReO₃)、炭化タンタル(TaC)、窒化タンタル(TaN)、炭化チタン(TiC)、酸化チタン(TiO₂)、炭化バナジウム(VC)、窒化タンゲステン(WN)、酸化タンゲステン(WO₂)、炭化ジルコニウム(ZrC)でありえるが、これには限られない。従って、これらの更に高いZ層は積層板のインピーダンス不整合を増大させ、それにより音響素子用の更に幅広の帯域幅を得られる。

【0035】これらの多くのが今まで音響素子の反射積層板/反射鏡配置として使用されなかった理由の一つは、

11
(1) デザインのための妥協、及び／または(2) 物質によっては絶縁体対伝導体といったいくつかの応用において他より適していることである。例えば、物質によってはA l Nまたは

【0036】

【数11】



に比べて基板に付着させることが難しいので(低い付着率)、音響素子における高Z物質層として考慮されなかった。更に、物質によっては、特定の応用においては使用すると不利となるレベルの寄生静電容量を有する。例えば、WC(炭化タングステン)は伝導性タイプとしては適しているが、その高寄生静電容量のため音響素子用の絶縁体層として使用することはできない。それにも関わらず、例えばTFR帯域透過フィルターまたは帯域阻止フィルター、及び／または共振器ベース周波数制御回路などの音響素子に望まれる音響インピーダンス不整合の種類を提供することのできる特定の高Z物質を決定する方法として、物質密度を測定すると同時に弾性定数を使用することは知られていない。

【0037】本発明の他の特徴としては、上記で計算された更に高いインピーダンス物質を使用する代りにまたは使用と同時に、音響反射鏡においてS i O₂の従来の物理蒸着法(PVD)によるS i O₂より低いインピーダンスS i O₂物質は、S i O₂を化学蒸着法(CVD)またはスパッタ法によって堆積させることで得ることができる。CVD及び／又はスパッタ法を使用することで約1.0Kg/m³の更に低い密度(PVDされたS i O₂は約2.3Kg/m³)を有するS i O₂層を得られる。従って、CVD/スパッタ法で堆積されたS i O₂層の更に低い密度は更に低いZ(低インピーダンス)を示し、また圧電膜と最下層との間、及び低インピーダンスS i O₂と従来の高インピーダンス物質の近接反射鏡層との一対のそれぞれの間に、更に高い音響インピーダンス不整合が得られる。更に薄い音響素子は更に少ない反射鏡層を必要とするので、製造時間及び製造コストを削減する。

【0038】図3及び図4はそれぞれ反射積層板が伝導体及び絶縁体として配置されている音響反射鏡の配置を図示しており、本発明による更に高いインピーダンス層と低密度物質層とによって取得できる利点を組み合わせている。図3に見られるように、音響反射鏡配置225はS i 基板240上でCVD/スパッタ法によって堆積された2つの低密度/低ZのS i O₂層235aと235bに挟まれている高ZのWC層230(WCは低質の電気絶縁体として知られている)を含んでいる。複雑なフィルター様式において、伝導の積層板を使用することで無用の電氣的結合が起こるが、更に単純な構造であれば伝導性の積層板も使用可能である。しかし、そのよう

(7)

特開2002-41052

12

な電氣的結合が防止された場合には、上記のWC層135のような電気伝導音響反射鏡層は使用されるべきではない。

【0039】図4に見られるように、音響反射鏡配置325を不導体として配置するためには、高ZのA l₂O₃層330a及び330bの層と、低密度/低ZのS i O₂層335a及び335bの層とを交互にS i 基板340上に形成させる。両物質は良好な電気絶縁体である。更に、図3の所望または典型的な非絶縁の積層板(WC及び低密度S i O₂)は反射鏡層のたった1+1/2対を必要とし、図4の所望または典型的な絶縁積層板(A l₂O₃/多結晶サファイア及び低密度S i O₂)は反射鏡層のたった2対を必要とする。

【0040】本発明によっての向上した音響インピーダンス不整合と減少した層の形成を更に説明するために、インピーダンス割合といくつかの反射積層板の割合を満たすために不可欠な層の対を決定する。評価と比較とは、従来のA l N/PVDのS i O₂層配置(圧電層及び標準S i O₂が遍在するのでA l Nを付着させることが可能なため典型的に使用される)、第二製造の

【0041】

【数12】



/PVDのS i O₂層配置(低質の組み合わせだが、直ちに利用可能な物質から作られる)、A l N/CVDのS i O₂層配置(従来から使用されている物質だが、本発明では低密度S i O₂を適用しておりTFR素子の作成には現在使用されていない)を備えている一つの積層板に関する。

【0042】A l N/PVDのS i O₂は、反射鏡配置において約3:1のインピーダンス割合を有しており、3~4対の層を必要とする。

【0043】

【数13】



/PVDのS i O₂層配置は、約1.5:1のインピーダンス割合しか有していないので、4~5対の層を必要とする。しかし、A l N/CVDのS i O₂(低密度S i O₂)層配置は際立った6:1のインピーダンス割合によってたった2~3対の層しか必要としない。共振積層板/反射鏡配置において、CVD/スパッタ堆積した低密度S i O₂の含有は、PVDのS i O₂を含む反射積層板に比べて少ない層を必要とし、更に高いインピーダンス不整合割合を得ることができる。

【0044】上記の実施の形態における低密度のS i O₂層の特徴が音響素子の反響積層板における従来のPVDのS i O₂層に比べて自明な利点を有しているが、例えばS i O₂のエロゲルまたはキセロゲルは反射積層

板に使用できる更に低いインピーダンス物質をもたらす。これらの物質はエアによってゲルを乾燥させ（キセロ）、または臨界超過溶媒除去（エーロ）によって形成する方法である。エーロゲルは軽く霧のような物体で、例えば乾燥した髭そりクリームのような粘度を一般的に有している。キセロゲルの密度は対応するバルク物質の半分であり、エーロゲルの密度はエアそのものに近い。これらの用語はよく漠然と使用されており、エーロゲルはとても低い密度の乾燥したゲルを意味して使用されている。上記の議論はシリカエーロゲルについてであるが、エアが乾燥していれば物質はさらに低い密度でもよく、また Al_2O_3 または他の無機酸化物に基づいてもよく、更には有機物質に基づいてもよい。

【0045】 SiO_2 エーロゲル層を作成するためには、TEOS（テトラエチルオルトケイ酸塩）のような前駆体をアルコールや水といった酸化触媒と混合しスラリー膜を作成する。スラリー膜は写真レジストに使用される技術に類似した既知のリソグラフィ技術によって、基板上で展開される。いったんスラリー膜がもたらされると、ジェリーのような粘度になるまで熱が加えられ仮固定させられる。その後、所望の密度に応じて、ゲルはエア中で乾燥または臨界超過 CO_2 処置させられる。つまり、所望の応用に応じて利用可能な密度の範囲をもたせることができる。従って、エーロゲル／キセロゲル層は少なくとも $0.3 g/cm^3$ の密度、少なくとも $0.5 g/cm^3$ の密度などを有することができる。

【0046】 合成されたエーロゲル膜は極端に低い密度（ $0.1 g/cm^3$ の低さ）を有し、音響音波の最良の減衰器となる。音速は密度に直接比例している。例えば、音は密度 $0.1 g/cm^3$ のエーロゲル層を約 $170 A/ps$ の割合、または音が従来のPVDの SiO_2 層を通り抜ける早さの約6000倍遅く通り抜ける。更に、従来のPVDの SiO_2 では C_{11} は更に大きく、約 $10.5 \times 10^6 N/m^2$ だが、エーロゲルの弾性定数 C_{11} は約 $2.7 \times 10^6 N/m^2$ である。また、表1に示してある更に高い物質を低インピーダンスエーロゲルまたはキセロゲル層と共に使用すると、音響インピーダンス不整合割合は少なくとも6:1から最高約6000:1まで可能となる（約6000:1の割合はWC及びエーロゲル／キセロゲルの交互に重なった層によってできた反射積層板で起こる）。

【0047】 従って、本発明の反射積層板は物質の弾性

定数に基づいて決定される更に高いインピーダンス物質層と、既知の低インピーダンス物質層を加えることで所望の不整合を得ることができる。更に、反射積層板はCVDの SiO_2 やエーロゲルなどの低密度物質から形成されることで、その密度及びインピーダンスを低くし、積層板の層間の更に高いインピーダンス不整合で、特に音響反射鏡の最上の低密度物質及び活性圧電層間の更に高いインピーダンス不整合を達成させる。また、弾性定数の関数から計算される更に高いインピーダンス反射鏡物質は、CVD及び／又はスパッタ法によって形成された低密度物質と組み合わせることで、積層板を含有する共振器素子の帯域幅を広くするために音響インピーダンス不整合を更に増大させ、また音響素子の反射積層板の製造に必要となる反射鏡層の数を（従ってコストを）削減することができる。

【0048】 本発明は好ましい実施を参照して説明されているが、他の改良又は変更が可能なことは明白である。そのような当業者に自明な改良及び変更はそれらが添付請求項及び同等物の範囲内にある限りは本発明に含まれることが意図される。

【図面の簡単な説明】

本発明は以下の詳細な説明と付随図面によって完全に理解されるであろう。そこで、似た要素は図解のみで与えられた似た符号を表し、本発明を限定するものではない。

【図1】 図1は一般的な薄層共振器（TFR）の音響共振器素子の横断面図である。

【図2】 図2はTFRの従来のプラグ反射積層板である。

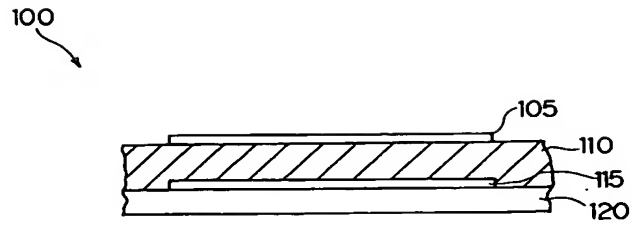
【図3】 図3は反射積層板が伝導体である音響反射配置を示す。

【図4】 図4は反射積層板が絶縁体である音響反射配置を示す。

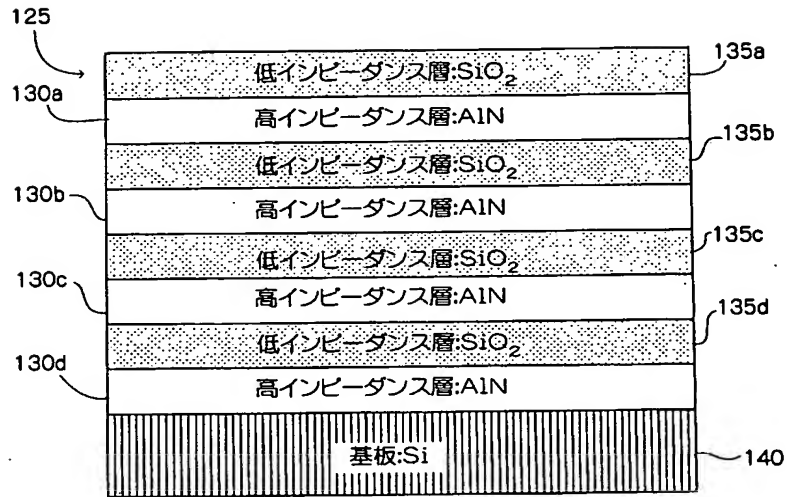
【符号の説明】

100…従来の薄層共振器、105…電極層、110…圧電材、115…電極層、120…支持構造、125…反射積層、130 a～d…高音響インピーダンス層、135 a～d…低音響インピーダンス層、140…基板、225…音響反射鏡、230…高音響インピーダンス層、235 a, b…低音響インピーダンス層、240…基板、325…音響反射鏡、330 a, b…高音響インピーダンス層、335 a, b…低音響インピーダンス層、340…基板

【図1】



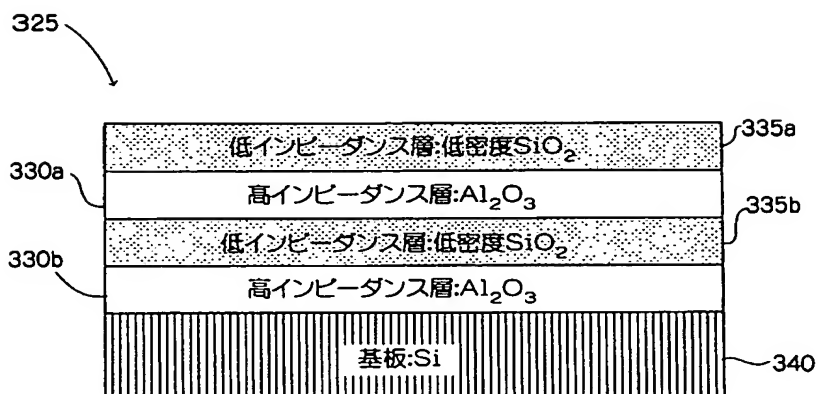
【図2】



【図3】



【図4】



フロントページの続き

(71)出願人 501205670

Suite 105, 14645 N. W. 77
th Avenue, Miami La
kes, Florida 33014, U
nited States of Ame
rica

(72)発明者 ブラッドレイ ポール バーバー
アメリカ合衆国、07928 ニュー ジャー
ジー州、チャタム、ヘリティジ ドライヴ
216

(72)発明者 ハロルド アレクシス ハギンズ

アメリカ合衆国、07060 ニュー ジャー
ジー州、ウォッチャング、マウンテン ブ
ルヴァード 615

(72)発明者 ロナルド ユーゲン ミラー

アメリカ合衆国、18077 ペンシルヴァニ
ア州、リーゲルスヴィル、ポスト オフィ
ス ボックス 592

(72)発明者 ドナルド ウィンスロー マーフィー

アメリカ合衆国、08812 ニュー ジャー
ジー州、グリーン ブルック、グリーンブ
ライア ロード 9

(72)発明者 イウーフエン ウォン

アメリカ合衆国、07901 ニュー ジャー
ジー州、サミット、ウッドランド アヴェ
ニュー 160